



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Markus Mäenpää

LED-VALAISIMEN KEHITYSPRO- JEKTI

Puistovalaisin Albatrossi

Tekniikka
2017

ALKUSANAT

Työn toimeksiantajana toimi Ketonen oy. Työn tutkimusosuus suoritettiin Technobotnia -tiedekeskuksen tiloissa Vaasan ammattikorkeakoulun alaisuudessa. Opin-
näytetyön ohjaajana toimi opettaja Timo Männistö ja teknisen tutkimustyön oh-
jausta hoiti projekti-insinööri Timo Rinne.

Haluan kiittää heitä hyvästä ohjauksesta.

Vaasassa 19.5.2017

Markus Mäenpää

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikka

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Markus Mäenpää
Opinnäytetyön nimi	Led-valaisimen kehitystyö projekti
Vuosi	2017
Kieli	suomi
Sivumäärä	37 + 2 liitettä
Ohjaaja	Timo Männistö

Työn aihe oli kehittää Ketonen oy:n puistovalaisin Albatrossiin Led-muunnos-sarja, joka toimisi vaihtoehtona tuotannossa olevalle monimetallipolttimo-valaisimelle, samoilla valaistusominaisuuksilla, samaan valaisinrunkoon. Muunnossarja mahdollistaa myös vanhojen Albatrossi-valaisimien päivityksen, led-valaisimeksi pelkällä sisuksen vaihdolla.

Valaisinrunko muuttumattomana, kohtuulliset valmistuskustannukset ja yksinkertainen kokoonpanorakenne olivat tilaajan vaatimukset. Standardit ja sähköturvallisuusmääräykset asettivat rajat toteutukselle. Kohtuullisen hintaiset komponentit ja sujuvat toimitukset Suomeen, asettivat myös toteutukselle rajoja.

Tutkimuksissa perehdyttiin led-valaisimen lämpenemiseen, ja sitä tutkittiin 16-kanavaisella Hiokin langattomalla lämpömittauslaitteella, lämpökameralla ja muilla yksinkertaisemmilla mittauslaitteilla. Valaisimelle tehtiin lämpömallinnuksia ja havaittiin lämpenemän olevan ensimmäisellä kokoonpanolla liian suuri. Lämpö poistuu valaisimen sisä rakenteista vain johtumalla. Kokeiltiin erilaisia lämmönsiirron tehostamiskeinoja. Rakennettiin kokoonpano, joka siirsi lämmön riittävän tehokkaasti pois valaisimesta halutuissa variaatioissa, ja on edullinen ja toteutuskelpoinen.

Rakennettiin uusi sisus, jolla saatiin lämpenemä kuriin, lisäksi lämmönsiirtokykyä tehostettiin erilaisilla lämmönsiirron tehosteaineilla. Valaisimeen suunniteltiin ja rakennettiin vedonpoistaja ja liitäntälaitte, joka täyttää tarvittavat standardit. Muiltakin osin tutkittiin, että valaisin täyttää standardit. Valaisin-muutospaketista saatiin toteutuskelpoinen malli.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Sähkötekniikan koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Markus Mäenpää
Title	Development of a LED Light Fitting
Year	2017
Language	Finnish
Pages	37 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Timo Männistö

The subject of this thesis was to develop a LED conversion kit for Ketonen Oy's park light fitting called Albatrossi. The LED conversion kit could provide an alternative for currently produced bi-metal light bulbs. The quality of the light fitting would remain the same and the light fitting could fit in the same body as now produced model. It also enables the updating of the old Albatrossi, when the inner parts of the light are replaced by a LED conversation kit.

The client's requirements were that the body of the light fitting would remain the same, manufacturing costs would stay at the reasonable level and structure of assembly would be simple. The framework for the implementation was set by the existing standards and electrical safety regulations.

The research focused on the warming of the LED bulb. Warming was examined with Hioki's 16 channel wireless thermal measurement device, thermal camera and other devices. In thermal modeling, it was found out that the temperature of the structure was too high and heat could only exit from the structure by conduction. To find a better solution to intensify the heat transfer, tests were carried out. A structure was built that transferred heat efficiently away from the bulb with desired variation and that was also cost effective.

The result of the thesis was that the light fitting that does not heat too much and meets all standards. The conversion kit for the Albatrossi light fitting turned out to be a viable model plan.

Keywords	Led, park lightning, stimulation, warming, measurement,
----------	---

SISÄLLYS

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

LYHENTEET JA MERKINNÄT

1	JOHDANTO.....	8
2	KETONEN OY	9
3	LÄHTÖKOHDAT.....	10
	3.1 Albatrossi-valaisin.....	10
	3.2 Prototyypikappale	11
4	STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET	13
	4.1 Ulkovalaistusstandardi SFS 6000-7-714.....	13
	4.2 Pienjännitestandardin SFS6000 osa 7-715 erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Pienoisjännitteiset valaisinjärjestelmät.	14
	4.2 Vedonpoistajastandardi. SFS EN 60598-1	14
5	LÄMPENEMÄTESTAUS	16
	5.1 Referenssimittaus.....	19
	5.2 Lämpömallin tulkintaa.	20
	5.3 Lämpenemätutkimus uudella alumiinisydämellä.	21
	5.4 Uusi lämpenemätutkimus alumiinisydämellä ja piitahnalla.	23
	5.5 Lämmönsiirron tehostaminen grafiitti- ja Silicontehosteilla	24
	5.6 Lämmönsiirtomittaus grafiitti	25
	5.7 Lämmönsiirtomittaus Silicon-lämmönsiirtolevyllä	28
	5.9 Led chipin valosilmän lämpötila.....	30
	5.10 Lämmönsiirtomittaus nimellisvirralla.....	32
6	VEDONPOISTAJA JA LIITÄNTÄLAITE	34
	6.1 Vedonpoistaja, toteutus.....	34
	6.2 Liitinrima	35
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO	37
	LÄHDELUETTELO.....	39
	LIITTEET	40

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Albatrossi -valaisin.....	11
Kuva 2. Prototyypikappale 1	12
Kuva 3. Led-valaisin lämpötilamittauksessa.....	18
Kuva 4. Monimetallilampun lämpenemätesti	19
Kuva 5. Uusi sydänkappale led-moduulin kiinnittämiseksi.....	21
Kuva 6. Alumiini ja piitahna.....	23
Kuva 7. Lämpenämämittaus alumiinisydämellä ja piitahnalla	24
Kuva 8. Grafiittipaperia taivutettuna rullalle.	26
Kuva 9. Lämpenämämittaus grafiitilla.....	27
Kuva 10. Kuva Silicon lämmönsiirtolevystä.	28
Kuva 11. Mittaus lämmönsiirtolevyllä.....	30
Kuva 12. Lämpökamerakuva led-silmästä.	31
Kuva 13. Nimellisvirtamittaus	33
Taulukko 1 Vedonpoistajastandardi.....	14

LYHENTEET JA MERKINNÄT

cd	kandela, valovoima
LED	loistediodi, Light Emitting Diodi
lm	lumen ϕ , valon määrä
lm/W	valotehokkuus
lx	luksi
W	Watti, teho P
V	Voltti, jännite
Nm	Newton metri, vääntö, kiristysmomentti
IP	suojausluokitus

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää puistovalaisin Albatrossi- monimetallivalaisimen vaihtoehdoksi led-valaisin samaan valaisinrunkoon, joka toimisi vanhoille Albatrossi-valaisimille myös muunnossarjana. Tällöin ostaja voi päivittää monimetallivalaisimesta led-valaisimeksi Albatrossi valaisimensa, pelkällä sisuksenvaihdolla, säilyttäen alkuperäisen valaisimen ja pylvään rakenteineen.

Led-valaistus on yleistymässä nopeaa vauhtia kautta maailman, kaikilla valaistuksen osa-alueilla. Kiinteistöjen valaistuksen lisäksi ulkovalaistus ja julkisten alueiden valaistus (puistot, vapaa-ajalueet, kulkuväylät ja tiet) siirtyvät nykyisin usein käyttämään led-vaihtoehtoa valaisinten saneerauksen yhteydessä ja uusien valaistusprojektien ostoissa.

Led-valaistus tuo sähkönsäästöä ja alentaa sähkönkulutuksesta syntyviä kustannuksia. Lisäksi led-tekniikka on kestävä, joten sillä on mahdollista säästää kuluissa.

Projektissa kehitettiin toimivaa ja toteutuskelpoista tuotetta, joka on sarjatuotantokelpoinen sekä asetukset täyttävänä mahdollista tuotteistaa markkinoille.

2 KETONEN OY

Ketonen Oy on vaasalainen valaistustalo, joka suunnittelee, valmistaa ja maahantuo valaisimia. Yhtiön oma tuotanto sijaitsee Vaasassa. ”Ketonen Oy aloitti toimintansa vuonna 1982. Yrityksen perustaja Kalervo Ketonen (s. 1941) opiskeli metallitaidetta Ateneumissa 60-luvulla ja toimi sen jälkeen mm. suunnittelijana Aarikalla. Kalervo onnistui siirtämään intohimonsa taiteen tekemisestä suomalaisiin oloihin tarkoitettujen valaisimien suunnitteluun, minkä seurauksena hän suunnitteli lukuisia menestyksekkäitä valaisinmalleja.” /1/

3 LÄHTÖKOHDAT

3.1 Albatrossi-valaisin

Albatrossi-valaisin on epäsuoraa valoa antava taajamavalaisin. Valaisin on alumiinivalua ja suunniteltu asennettavaksi 60 mm pylvääseen. Suositeltu asennuskorkeus valaisimelle on 3 – 4 m. Valaisimen suojausluokitus on IP44. Monimetallilampullisen valaisimen teho on 70 W ja värilämpötila 3000 kelviniä. Valaisimen virtalähdepaketti asennetaan pylvään sisälle sen alaosaan, josta pylvään sisäisellä johdoksella se liitetään pylvään päässä olevaan valaisimeen. /2/ (katso kuva 1)

Led-valaisimessa rakenteen tulee olla samankaltainen kuin monimetallilamppu-ratkaisussa. led-version valaistusominaisuuksien tulee myös olla alkuperäistä monimetallilamppua vastaavan kaltaiset eli värilämpötilan 3000 kelviniä, valaistustehon samaa luokkaa kuin monimetalliversiossa

Valaisimen sisämitat ratkaisivat, minkälaisen kokoonpanon sinne oli mahdollista fyysisten puitteiden rajoissa mahduttaa.

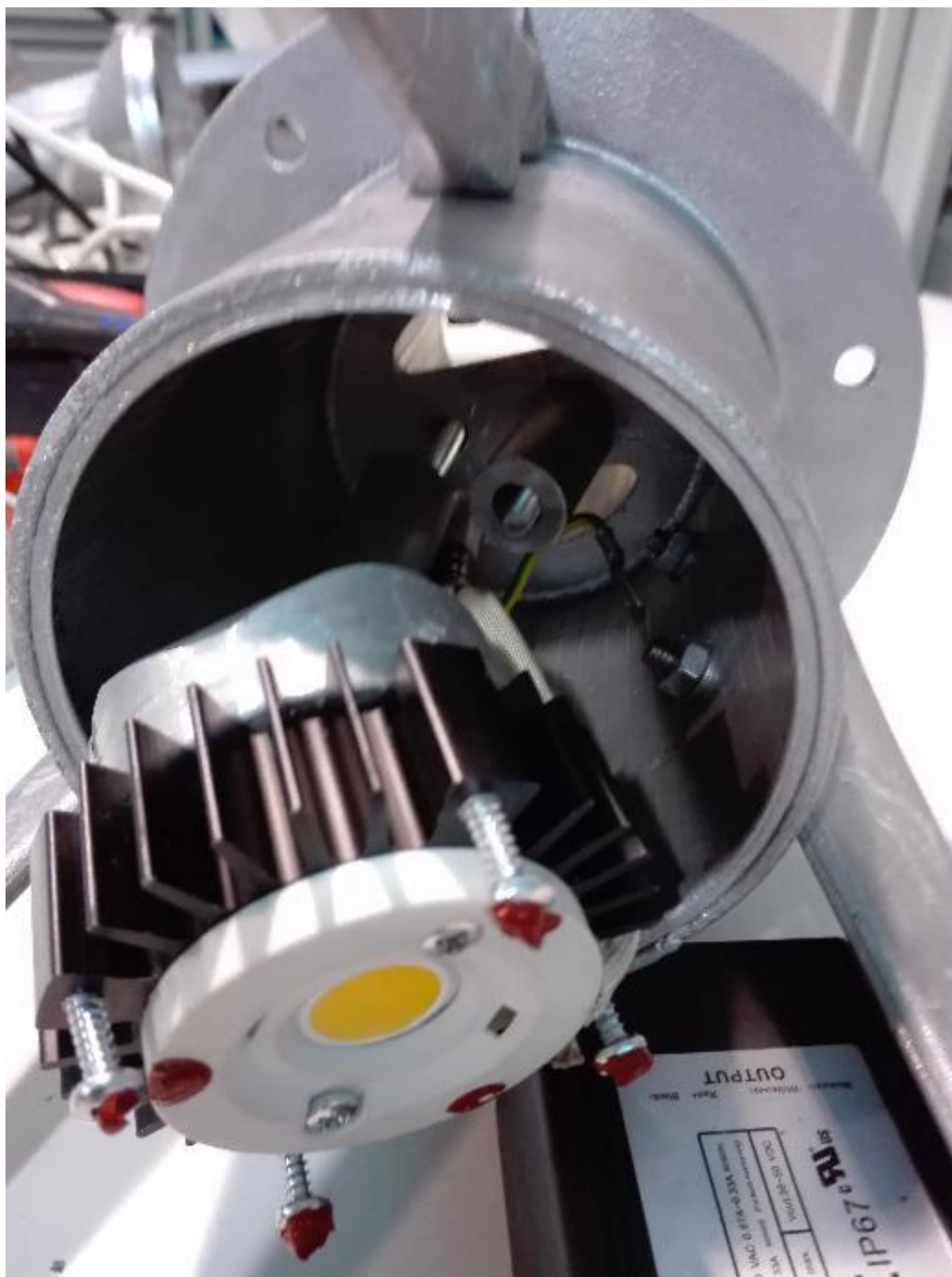
Liitteenä 1 ja 2 Albatrossi-valaisimen tekniset tiedot Ketonen oy:n teknisestä esitteestä.



Kuva 1. Albatrossi-valaisin.

3.2 Prototyyppikappale

Valmistaja toimitti projektiin kaksi valaisinta testattavaksi, toisen alkuperäisen monimetallivalaisimen, ja toisen, jossa oli led-prototyyppi. Prototyypillä oli haettu lähinnä toteutuksen periaatetta, kiinnityspisteitä, led-elementin sijaintia heijastimen korkeutta sekä jäähdytystä kyseiselle kokoonpanolle. Virransyöttönä toimi valmistajan paketin yhteydessä toimittama virtalähde, jota haluttiin käyttää testauksessa. (katso kuva 2)



Kuva 2. Prototyypikappale 1.

4 STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET

Albatrossi-taajamavalaisimen, kuten muidenkin ulkovalaisinten rakenteeseen ja käyttöön vaikuttaa ulkovalaistusstandardi SFS 6000-7-714. Led-version kehitykseen vaikuttaa myös pienoisjännitelaite standardi SFS 6000-7-715, sillä led-valaisimessa käytetään verkkovirrasta muunnettua pienoisjännitettä, alle 50 V AC, virtalähteeltä valaisimelle.

Valaisimen kotelointia säätelee IP-luokitus. Luokituksen sisältö on esitetty standardissa SFS-EN 60529 (IEC 60529).

Koteloinnin osalta valaisinmalli on luokiteltu IP44 luokkaan ja, koska kotelointiin tai valaisimen fyysiseen rakenteeseen, runkoon eikä valaisimen ulkopuolelle tehty muutoksia, ei luokka muutu.

4.1 Ulkovalaistusstandardi SFS 6000-7-714

Standardin SFS 6000-7-714 erityisvaatimukset koskevat kiinteisiin ulkoasennuksiin kuuluvien valaisimien valintaa ja rakentamista

Standardin kohdan 7.14.42 perussuojauksen menetelmät mukaan jännitteisiä osia sisältävät kotelot pitää lukita avaimella tai työkalulla, elleivät ole sijoitettu paikkoihin, joissa niihin pääsevät käsiksi vain ammattitaitoiset tai opastetut henkilöt. Ovet, joista päästään sähkölaitteisiin ja, jotka sijaitsevat alle 2,5 m korkeudella maasta on lukittava avaimella tai työkaluilla. Sen lisäksi sähkölaitteet on suojattava kosketamiselta silloin, kun ovi on auki joko käyttämällä laitteita, joiden kotelointiluokka rakenteen, tai asentamisen avulla on vähintään IP2X tai IPXXB tai lisäämällä saman suojauksen antava suojus tai kotelo. Alle 2,8 m korkeudelle maasta sijoitetuissa valaisimissa valonlähteeseen saa päästä käsiksi vain poistamalla työkalun käyttöä vaativa suojus tai kotelo. /3/

Standardin kohdan 714.512.2.105 mukaan sähkölaitteiden kotelointiluokka pitää olla vähintään IP33 Albatrossi-valaisimen kotelointiluokka on IP44 ja täyttää näin vaatimukset.

4.2 Pienjännitestandardin SFS6000 osa 7-715 erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Pienoisjännitteiset valaisinjärjestelmät.

”Standardin SFS 6000-7-715 erikoisvaatimukset koskevat pienoisjännitteisiä valaistusasennuksia, joita syötetään jännitelähteistä, joiden mitoitusjännite on enintään 50 V vaihtojännitettä tai 120 V tasajännitettä.”

Led-valaisimemme kuuluu virtalähteensä johdosta tähän luokkaan.

Standardi määrittelee toimenpiteet, joita on suoritettava, jos käytetään avojohtimia ja siihen liittyviä suojausja, Albatrossissa käytetyt johtimet eivät ole avojohtimia, eivätkä rajoita täten toteutusta. Myöskään standardin antama poikkipintamääre johtimille, johdinten avulla ripustetusta valaisimesta 715.521.107 Ripustetut järjestelmät ei rajoita, koska valaisin on tukevasti kiinni rungossa ja muuntajan sekä valaisimen välinen kaapeli on varustettu vedonpoistajalla.

Standardin mukaan pienoisjännitejärjestelmän tehonlähteen on oltava joku seuraavista.

- Standardin EN 61558-2-6 mukainen suojajännitemuuntaja

- Standardin EN 61347-2-13 liitteen 1 (LEDeille) mukaisia elektronisia liitännälaitteita. Elektronisten liitännälaitteiden rinnan käyttö ei ole sallittua /4/

Albatrossissa käytetään standardin EN 61558-2-6 mukaista suojajännitemuuntajaa.

4.2 Vedonpoistajastandardi. SFS EN 60598-1

Vedonpoistajalle määritellään rakenne ja lujuus SFS-standardissa. SFS EN 60598-1 sivuilla 72-73

Rakenteen hyväksyttävyyden lisäksi tulee vedonpoistajan täyttää riittävä fyysinen lujuus, joka testataan sekä veto- että vääntötesteillä. Toteutus annetaan standardissa, johon standardin liitteenä olevassa taulukossa veto- ja vääntömomentit jotka laitteen tulee täyttää. /10/ (katso Taulukko 1)

Taulukko 1. Vedonpoistajastandardi testitaulukko

Taulukko 5.2 Vedonpoistimen testit

Kaikkien johtimien yhteenlaskettu nimellispoikkipinta mm ²	Veto N	Vääntömomentti Nm
Enintään 0,4 mm ²	30	—
Yli 0,4 ja enintään 0,75	30	0,08
Yli 0,75 ja enintään 1,5	60	0,15
Yli 1,5 ja enintään 3	60	0,25
Yli 3 ja enintään 5	80	0,35
Yli 5 ja enintään 8	120	0,35

5 LÄMPENEMÄ TESTAUS

Valaisinpaketin mukana tulleella ensimmäisellä protoversiolla, jolla haettiin mittoja, valaisimen osien sopimista paikoilleen ja muita tietoja, sekä tehtiin kokoonpanolle lämpötutkimus.

Mittaus suoritettiin huonelämpötilassa 21 astetta, mikä on Suomen olosuhteissa ulkovalaistuksen jatkuvan käytön ylälämpötiloja, johtuen ilmasto-olosuhteista. Valaisimia ei ole tällä hetkellä myynnissä ulkomaan vientiin. (katso kuva 3)

Lämpötilamittaus tehtiin monipistemittauksena 16-kanavaisella langattomalla Hioki-mittausasemalla. Mittauspisteitä asetettiin LED-moduulin välittömään läheisyyteen, jäähdytyssiiliin, alumiiniekkkoon, jossa siili oli kiinni, ja alumiiniputki jalkoihin, joilla valaisinsydän oli kiinni lampun rungon sisällä olevassa sillassa kahdella M6-pultilla.

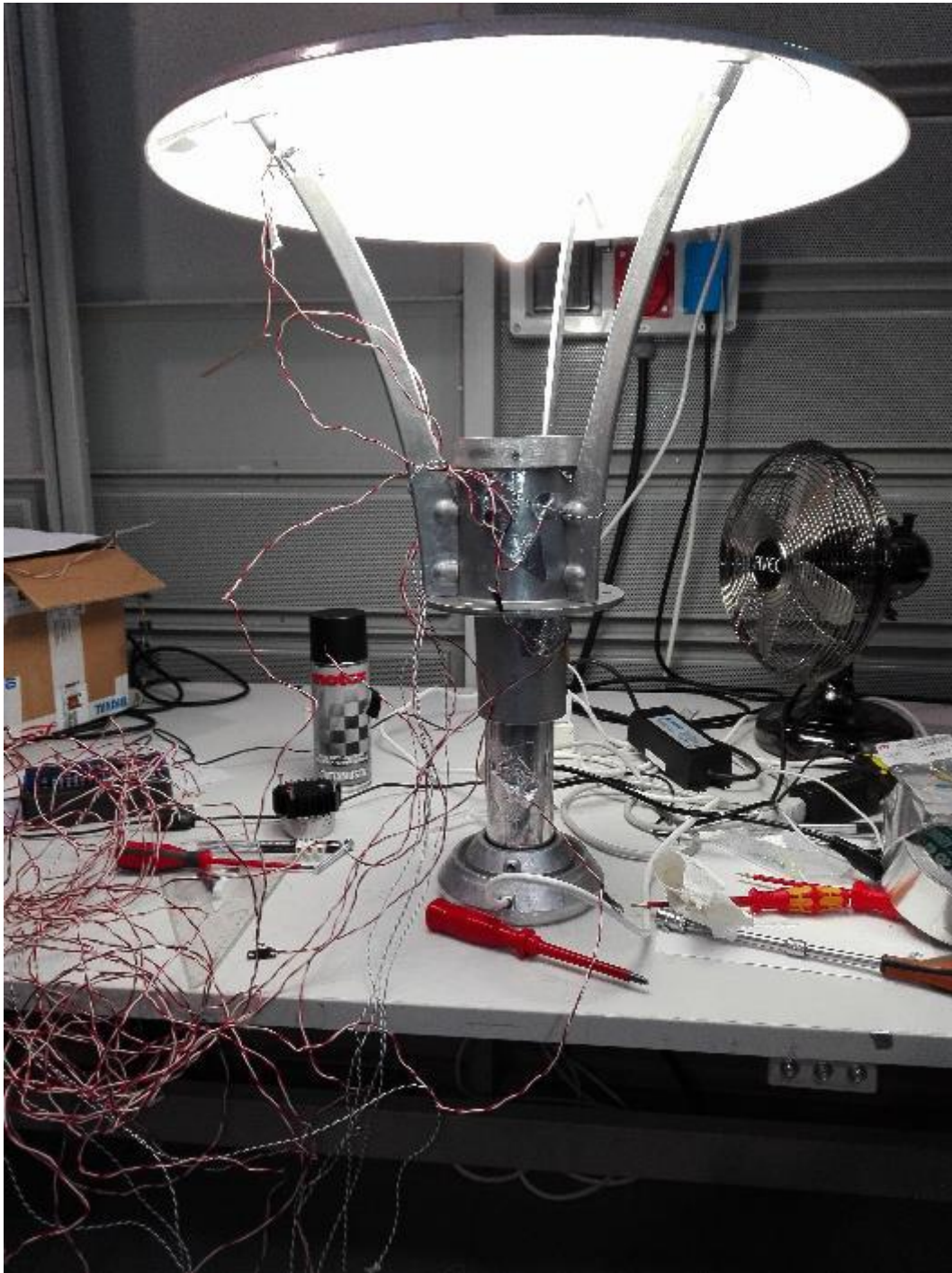
Ensimmäisessä mittauksessa havaittiin, että valaisin lämpeni voimakkaasti, ja led-moduulin vieressä jäähdytyssiilissä oleva mittauspiste saavutti yli 98,65 °C, lämpötilan, mikä on huomattavasti liikaa, Led chipin eli lastun johon on kiinnitetty pienistä ledeistä led-silmä. Valmistaja antaa ledin Tp-lämpötilaksi 85 °C, se tarkoittaa käyttölämpötilan ylärajaa. /6/

Led-moduulissa lämpötila todennäköisesti nousi yli 100 °C, koska jäähdytyselementin yläreunan lämpötila nousi 98,65 °C. Seuraavassa mittauspisteessä led-rungossa eli alumiiniekkossa, johon jäähdytyssiili led-moduulin kanssa on kiinnitetty, nousi lämpötila 82,21 °C. Putkijalkojen lämpötila nousi 72,5 °C. Albatrossi-valaisimen alumiinikuoren sisäpinnalla korkein lämpötila oli 58 °C. Lähellä led-moduulia, valaisimen rungon ulkopinnalla, lämpötila jäi 51 °C. Lämpenemän vakioituminen kesti kolmisen tuntia, silloin lämpötilan muutos oli täysin pysähtynyt.

Ensimmäisestä mittauksesta havaittiin heti, että lämpötila ei johdu riittävän hyvin led-moduulista ja jäähdytyssiilistä pois. Ensimmäisen kokeen yhteydessä havaittiin, ettei myöskään valaisimessa tapahdu juuri ilmavirtausta, mikä jäähdyttäisi siilin tuuletusripoja. Pelkästään valaisimen tiiviistä kansirakenteesta se ei aiheutunut,

vaan ilman kansirakennetta lämpötila ei laskenut kuin kaksi astetta huippulämpötilasta, kannen ollessa kokonaan poissa paikoiltaan. Ilma ei siis toimi jäähdytyksenä valaisimen sisällä.

Jäähdytysseinän ja alumiinikiekon lämpötilaero oli myös suuri, yli 16 °C. Näin ollen lämpö ei johtunut seinästä kiekkoon, ainakaan ilman jonkinlaista lämmönsiirron tehostemateriaalia tai piitahnaa. Lämmön johtuminen alumiinikiekosta jalkoihin oli myös heikohkoa ja siinä oli 10 °C ero. Valaisimen ulkorungossa lämpö jakaantui taasen hyvin ja jäi hivenen päälle 50 °C, mittauspisteistä riippuen. Mittauspisteitä oli 3 ja lämpötilaero mittauspisteiden välillä oli pieni.



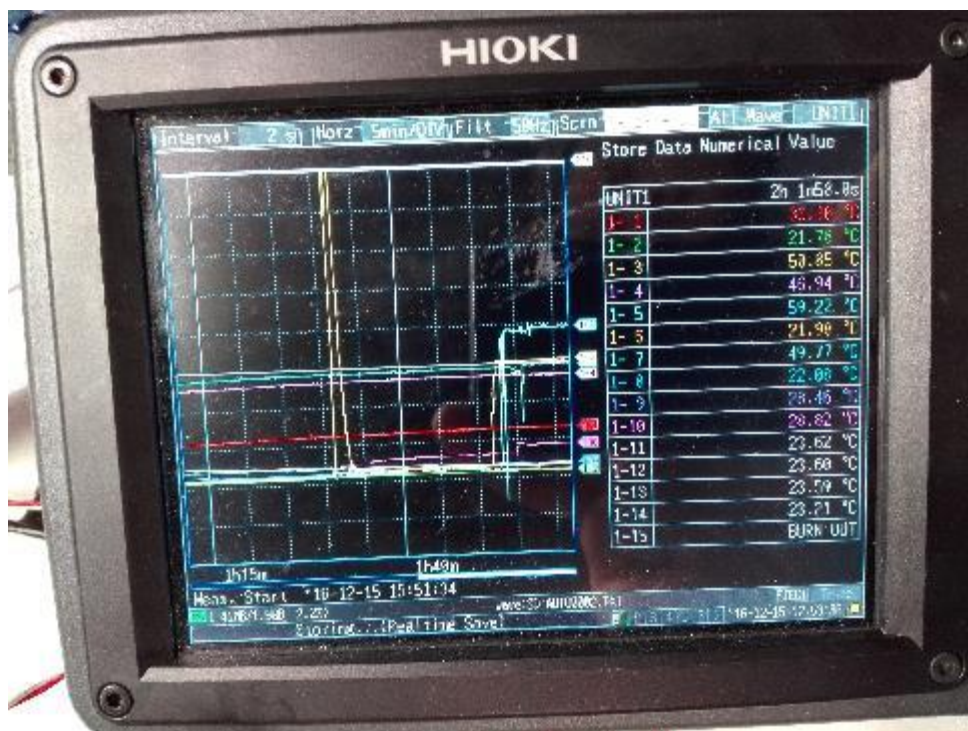
Kuva 3. Led-valaisin lämpötilamittauksessa.

5.1 Referenssimittaus

Vertailumittaus Albatrossi-valaisimella, jossa on monimetallilamppu.

Led ei tuota kovinkaan paljon lämpöä näkyvään valoon, vaan tuottaa lämpöä lähinnä ympäröivään rakenteeseensa, johtumalla. Monimetallilamppu puolestaan tuottaa lämpöä paljon tuottamaansa valoon, ja lämpö heijastuu ulos valaisimesta valon mukana. Monimetallilampun teho on 70 W ja led-valaisimen teho 30 W.

Mittauspiste 1 (33,38 °C) sijoitettiin 60 mm valaisinpylvästä kuvastavan jalustan yläosaan, valaisimen kiinnityskohdan läheisyyteen. Mittauspiste 4 (46,94 °C) asetettiin valaisimen runkoon, pylvääseen menevien pulttien reikien puolivälistä. Piste 7 (49,77 °C) sijoitettiin valaisimenrunгон yläpuoliskon keskelle, piste 3 (50,85 °C) valaisimen rungon yläreunaan ja piste 5 (59,22 °C) kannen metallireunukseen lasin läheisyyteen. Yksi mittauspiste asetettiin kannen lasiin, mutta siinä lämpötila nousi lähes heti valaisimen sytyttämisen jälkeen niin korkeaksi, että mittaus meni yli mittausalueen ja mittajohtimen kiinnitysteippi alkoi palaa. (katso kuva 4)



Kuva 4. Monimetallilampun lämpenemätesti

5.2 Lämpömallin tulkintaa.

Lämpö johtui ledin sisärakenteissa huonosti eteenpäin, pois ledistä, ulkokuoreen, johtuen moninaisesta sydämen rakenteesta, jossa oli liian paljon lämpöresistanssia ja lämpökatkoja. LED-moduulin ja jäähdytyssiilin välistä lämmönjohtavuutta pystyy parantamaan piitahnalla, ja sama auttaa jonkin verran myös jäähdytyssiilin ja alumiiniekon välistä lämmönsiirtoa. Kiekosta jalkoihin ja jaloista valaisimen ulkokuoreen yhdistävään siltaan se ei auta, koska putkijaloissa on niin pieni yhdistävä pinta-ala siltarakenteeseen. Kun lämpö on johdettu ulkokuoreen sen jakaantumisessa yhtä kappaletta olevaan alumiinista valettuun runkoon, ja siitä eteenpäin valaisimen ollessa asennettuna tolppaan, ei ole ongelmaa.

Tästä syystä lähdettiin kehittämään led-sydäntä paremmin lämpöä johtavaksi ja yksinkertaisemmaksi. Koska tarkoitus oli tehdä mahdollisuuksien mukaan helposti kokoonpantava ja mahdollisimman yksinkertainen toteutus, jossa hinta olisi tuotantoystävällinen, päädyttiin tekemään alumiinitangosta umpinainen sylinterinmallinen kappale, 50 mm halkaisijaltaan, joka on kiinni kahdella ruuvilla valaisimen rungossa, maatessaan runkosillan päällä. Led-moduuli kiinnittyy suoraan alumiinisylinteriin kahdella ruuvilla, kuten ensimmäisessä versiossa jäähdytyssiiliin. (katso kuva 5)



Kuva 5. Uusi sydänkappale led-moduulin kiinnittämiseksi.

5.3 Lämpenemätutkimus uudella alumiinisydämellä.

Testasimme uutta ratkaisua, jossa lämpökatkojen määrä oli vähentynyt ratkaisevasti. Siinä vanha jäähdytys siili, alumiiniekikoista kasattu kappale sekä kappaleen putkijalat, jotka yhdistivät sen valaisimen runkoon, korvattiin 50 mm umpinaisella alumiinisylinterillä. Näin lämpökatkot syntyvät lähinnä led-chipistä alumiinisydämeen ja siitä alumiinisydämeestä valualumiini valaisinrungon kiinnityssiltaan.

Alumiini on hyvin tasalaatuista ja lämpöresistanssin ero valualumiinissa ja alumiinitangossa on erittäin pieni. Lämmönjohtumista led-chipistä alumiini sylinterin päähän tehostettiin sorvaamalla sylinterin päät mahdollisimman tasaisiksi, että chip lepää vasten sylinteriä mahdollisimman tiiviisti.

Led-moduuli kiinnittyi kahdella kolmen millin ruuvilla alumiinisylinterin yläpäähän, moduulin leveys on sama kuin alumiinin, 50 mm ja myös moduuli on tasaisen pyöreä. Paketista tuli paikalle asennusta ajatellen erittäin kompakti. Alapäästä kiinnitys valaisimen runkoon hoidettiin, kiinnityssillan läpi tulevilla, kahdella 6 mm pultilla, kuten aiemmassakin versiossa.

Mittauspisteet sijoitettiin alumiinisylinterin yläpäähän, välittömään led-moduulin läheisyyteen, alumiinisylinterin puoleenväliin ja alareunaan, valaisimen rungon sisäpuolelle, rungon yläreunaan led-moduulin välittömään läheisyyteen, ja sitten rungon ulkopinnalle, keskelle runkoa.

Lämpötila led-moduulin vieressä tippui 82 °C, sylinterin puolivälissä olevan mittauspisteen lämpötila 78 °C ja alareunassa 74 °C. Sillassa lämpötila oli 59 °C heti kiinnityspisteiden vieressä. Valaisimen ulkopinnalla lämpötila nousi 51 °C asteeseen.

Tästä saatettiin havaita, että lämpötilaero alumiinisylinteristä siltaan oli suurehko. Alumiinisylinterissä lämpötilaeroa oli vähän yli aste/sentti, myös moduulin chipin, jonka selkäpinta vastaa alumiinisylinterin yläpintaan, arvioitiin muodostavan lämpökatkon. Lämpökatkojen poistamiseksi päätettiin käyttää elektroniikassa paljon käytettävää piitahnaa. (katso kuva 6)

Piitahna on elektroniikassa ja tietotekniikassa käytettävä termistä kontaktia parantava aine. Yleisimmin käytetty aine on silikonipolymeeriä, ja sen oikea nimitys olisiikin silikonitahna. Piitahnaa käytetään esimerkiksi tietokoneen mikroprosessorin ja sen jäähdytysrivan välissä tasoittamaan metallista valmistetun rivan epätasaisuudet, toisin sanoen parantamaan mikroprosessorin ja jäähdytysrivan välistä lämmönjohtokykyä. Myös muiden runsaasti lämpöä tuottavien puolijohdekomponenttien kuten tehotransistorien ja jänniteregulaattorien kanssa käytetään piitahnaa. Piitahnasta on kehitetty myös vaativampaan käyttöön soveltuvia aineita, joissa pii on korvattu metallilla, kuten hopealla, tai keraamisilla yhdisteillä. /7/

5.4 Uusi lämpenemätutkimus alumiinisylinterillä ja piitahnalla.

Uuden mittauksen toistimme täysin samoin kuin edellisen, mittauspisteiden sijaintia ei vaihdettu, eikä niitä irroteltu. Joustavat mittausjohdot mahdollistivat valaisinsylinterin irrotuksen ilman suuria toimenpiteitä, yksinkertaisen muodon ja rakenteen johdosta.

Valaisinmoduuli irrotettiin alumiinisylinterin päästä, led-chipin pohjaan levitettiin piitahnakerros, ja se kiinnitettiin takaisin. Alumiinisylinterin pohjaan levitettiin kerros, sille matkalle mitä se vastaa kiinnityssiltaansa. (katso kuva 6)



Kuva 6. Alumiini ja piitahna.

Valaisin kasattiin ja aloitettiin lämpenemätestaus jälleen.

Tässä testissä lämpötila led-moduulin vieressä laski yli kymmenen astetta noin 71 °C tienoille, ja alumiinisylinterin sekä valaisimen runkosillan välinen lämpötilaero kaventui sekin noin 5 °C. (katso kuva 7)



Kuva 7. Lämpenemämittaus alumiinisydämellä ja piitahnalla.

5.5 Lämmönsiirron tehostaminen grafiitti- ja Silicon-tehosteilla

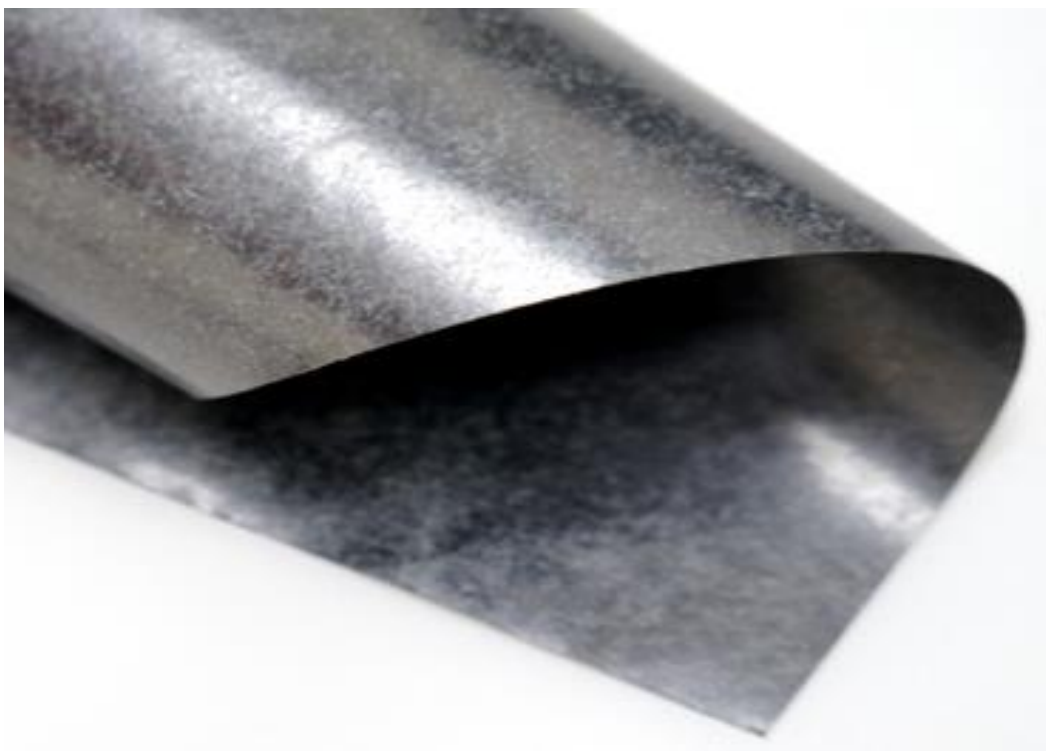
Hyvät tulokset saavutettiin jo uudella rakenteella ja piitahnalla. Mahdollisuuksia paremman siirron saavuttamiseksi testattiin myös. Materiaalit led-sydämeen oli optimoitu ja eri osien välillä johtuminen kohtuullisen hyvällä tasolla. Koska runkorakenteeseen ei saanut tehdä rakenteellisia muutoksia, testasimme kahta erikoisesti lämmönsiirron tehostamiseen, kuvaillun kaltaisissa sovellutuksissa tarkoitettua tehostetta. Nämä olivat grafiittipaperi ja elastinen lämmönsiirtolevy.

5.6 Lämmönsiirto mittaus grafiitti

”**Grafiitti** on hiilen yleisin ilmenemismuoto. Se on kidejärjestelmältään heksagoninen, tummanharmaa, pehmeä ja tahraava mineraali, joka on puhdasta hiiltä. Sen kiteet ovat kuusikulmaisen levyn muotoisia. Grafiitti johtaa hyvin sähköä ja sitä käytetään muun muassa sähkömoottorien hiiliharjoissa, elektrodimateriaalina, voiteluaineena, lisäaineena polymeerissä, lyijykynän lyijynä ja ydinreaktoreiden hidastinaaineena.” /8/

Grafiittia hankittiin tehosteaineeksi, grafiittipaperin muodossa, ohutta grafiittipintaista ja koostumukseltaan grafiittiseosta sisältävää paperia (katso kuva 8). Sille toimittaja lupasi hyviä ominaisuuksia lämmönsiirtoon. Sitä laitettiin led-elementin ja alumiinisydämen väliin niin, että se vastasi led-chipin selkäpintaan ja toiselta puoleltaan alumiinisydämen päätä. Leikattiin 50 mm halkaisijalta oleva tasainen ympyrä ja siihen led-moduulin kiinnitykselle reiät 3 mm ruuveille.

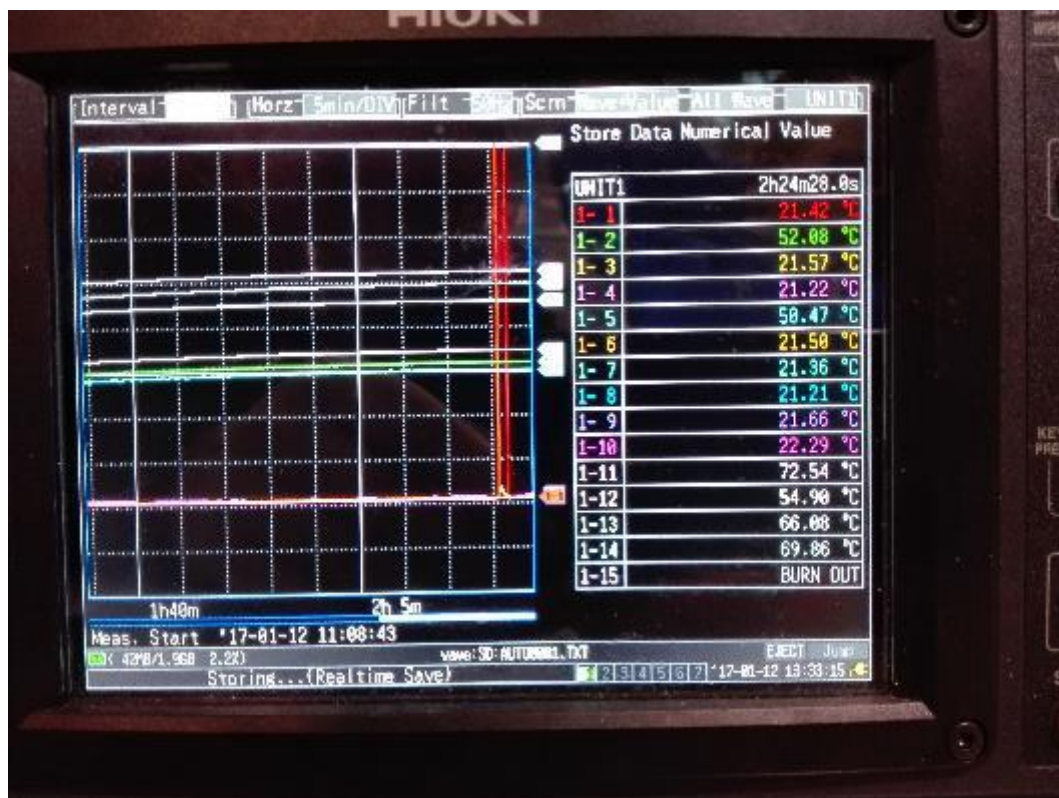
Led-sydämen ja lampun rungon siltarakenteen väliin tehtiin vastaavanlainen leikkattu paperisiivu ja siihen 6 mm ruuveille reiät.



Kuva 8. Grafiittipaperia taivutettuna rullalle.

Mittaukset toistettiin samoin kuin aikaisemmilla kerroilla, seuraten lämpenemää mittarilla samoista paikoista ja saman ajan, kunnes lämmön nousu on täysin vakiintunut. Tällä saatiin selville mahdollisen lämmönsiirron tehostumisen tai lämmönsiirron heikkenemisen, jos materiaali jostain syystä toimisikin eristäen, verrattuna piitahnaan aikaisemmassa mittauksessa.

Millin paksuinen grafiittipaperi ruuvattuna tiukasti väliin, tasoittaa liitospintojen erittäin pieniä epätasaisuuksia, ja siirto-ominaisuuksiltaan tehostaisi katkoksesta lämmön siirtymää. Mittauksessa ei kuitenkaan havaittu mitään eroa grafiitilla, verrattuna piitahnaan (katso kuva 9).



Kuva 9. Lämpenemämittaus grafiitilla.

Grafiitti ei ollut huonompi, mutta ei myöskään parempi. Lämpötilaerot aiempaan mittaukseen olivat alle asteen luokkaa, ja saattoivat osaksi selittyä sillä, että aavistuksen mittauspisteitä oli irrotettava uudelle kokoonpanolle. Tällä kuitenkin ei ole mitään merkittävää vaikutusta asiaan. Grafiittipaperi myöskään ei ole kovin näppärää työstää, eikä se ole niin halpaa kuin tahna, tosin siistinpää käyttää. Pitkäaikaisessa käytössä grafiitilla voisi olla myös haittapuolia.

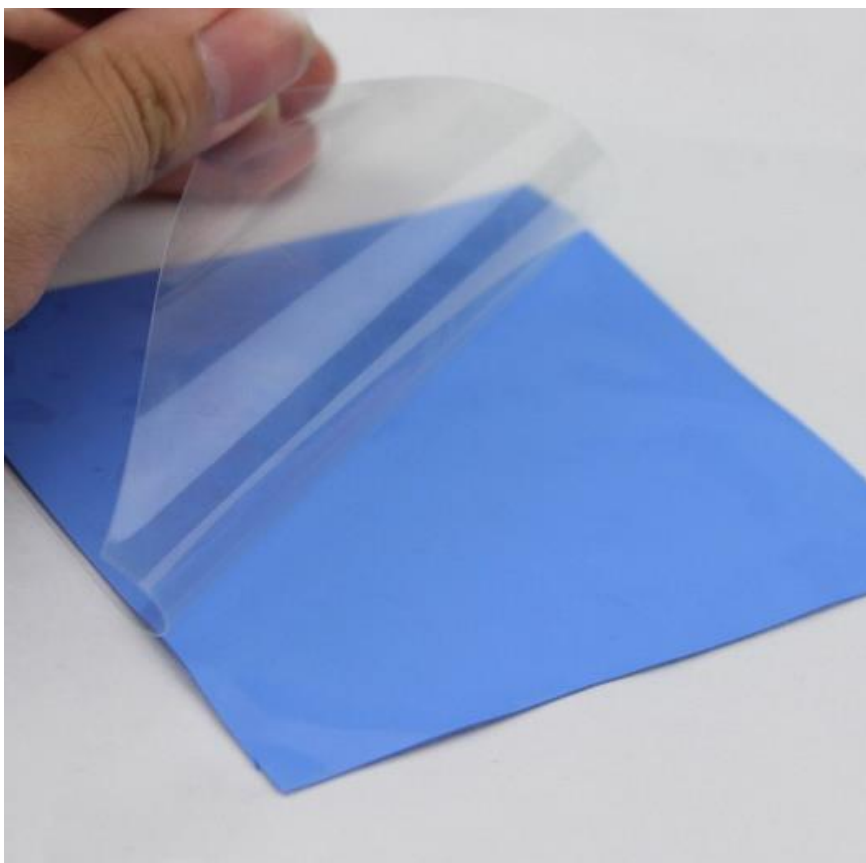
Joutuessaan kosketuksiin eräiden metallien kanssa grafiitti voi nopeuttaa niiden korroosiota, erityisesti kosteassa ympäristössä. Joissakin ruostumattomissa teräksissäkin voi grafiitin vaikutuksesta esiintyä korroosiota, samoin alumiinissa, erityisesti jos se joutuu kosketuksiin eri metallien kanssa /8/

Alumiinisydän kiinnittyy ruostumatonta terästä olevien ruuvien avulla valualumiinia olevaan runkoon, rungon sillan läpi, ja sillan läpäisevät pultit voivat olla pie-

nessä kosketusyhteydessä grafiittiin, grafiitti on luonnollisesti kosketuksissa valu-
alumiinirunkoon ja alumiinisydämeen. Valaisimessa saattaa Suomen olosuhteissa
esiintyä pientä kosteutta, vaikka se kotelointiluokitukseltaan onkin sateelta ja kos-
teudelta suojattu.

5.7 Lämmönsiirtomittaus Silicon-lämmönsiirtolevyllä

Lämmönsiirtolevy on 5 mm paksua pehmeähköä Silicon-levyä jonka pinta muistut-
taa lähinnä muovailuvahaa. Se on lievästi tarttuvaa, sitä pystyi leikkaamalla muo-
vaamaan samankaltaisiksi 50 mm pyöreiksi kappaleiksi kuin grafiittipaperiakin ja
kiinnittämään paikoilleen kiinnitysreiät puhkaistua, ja poistamaan suojaava muovi-
kalvo levyn pinnasta. (katso kuva 10)



Kuva 10. Kuva Silicon lämmönsiirtolevystä.

Levy kiinnittyi hyvin ja oli helppoa muotoilla, tämän voisi olettaa kenttäolosuhteisakin onnistuvaksi, ainakin testauslämpötiloissa. Muotoilun mahdollisuuksista pakasessa ei voi ilman testejä vetää suuria johtopäätöksiä. Käyttölämpötilaksi valmistaja kuitenkin lupaa $-50 +160$ asteen välin. /9/

Mittaukset toteutettiin kuten aiemminkin.

Mittausten alussa havaittiin lämpenemän olevan suurempi kuin piitahnalla tai grafiitilla, ja lämpeneminen oli huomattavasti nopeampaaakin, silloin syntyi ajatus, että levy ei kuitenkaan yhdistä kunnolla. Normaalisti kiristystysmomentista ruuvien kiireyttä nostettiin. Kuuden millimetrin 8.8 kovuudella varustetun pultin suositeltua kiristysmomenttia 10 Nm nostettiin tämän yli. Kun kiristystä lisättiin huomattavasti, huomattiin että upottuaan kunnolla levyyn, sydämen lämpötila lähti laskuun, ja lämpenemäkäyrät palautuivat kahdesta edellisestä mittauksesta tuttuihin muotoihin, ja lopulta lämpötilat ja lämpötilakuvaajat olivat kuin ennenkin. Sydämen yläreunan lämpötila oli asteen korkeampi kuin piitahnalla, ei mainittavia muutoksia. (katso kuva 11)



Kuva 11. Mittaus lämmönsiirtolevyllä.

Lämmönsiirtolevyllä ei saavutettu mittausten perusteella hyötyä.

Levy on myös kallista ja aiheuttaisi kustannuksia, koska parhaiden mallien hinnat ovat satoja euroja levyltä.

5.9 Led-chipin valosilmän lämpötila

Mitattaessa led-valaisimen lämpöjä ja havaittaessa, että kokoonpanolla lämpötila vakiintui kelvollisiin arvoväleihin, led-moduulin vierestä 71-72 °C lämpötiloista, tutkittiin myös led-silmän lämpenemä. Koska lämmöt muualla olivat hallinnassa oli odotettavissa, että myös led-silmän lämpötila on halutuissa arvoissa, kun jäähdytys toimii. Lämpötila mitattiin Fluke-lämpökameralla, koska Hiokin mittauslaitteella sen mittaaminen ei onnistu, lämpötilan noustessa yli mittausalueen. Lämmön käyttäytymisestä moduulin kärjessä saa myös hyvän kuvan lämpökameralla.

Lämpötila oli valaisimen sisällä, ylhäältäpäin kuvattuna 128,1 °C led-silmän pinnalla ja valaisimen sisärungossa alempana 46 °C, joka on havaittavissa kuvassa maksimi- ja minimilämpötiloina. Kursori kameran ruudulla on lukittuneena kuumimpaan pisteeseen. (katso kuva 12)

Lämpökamerakuvasta huomataan silmän lämpötilaksi 128.1 astetta. Led-silmän lämpötila oli sallituissa arvoissa.



Kuva 12. Lämpökamerakuva led-silmästä.

5.10 Lämmönsiirtomittaus nimellisvirralla

Kaikki edellä mainitut mittaukset suoritettiin valmistajan ja tavarantoimittajan antamalla maksimi virta-arvolla 1,2 A, joka tuottaa kolmasosan suuremmalla virralla huomattavasti nimellisvirtaa 0,9 A suuremman valotehon. Suuremman virran käyttö on mahdollista kun jäähdytys on kunnossa ja lämpötilat eivät nouse haluttua suuremmiksi.

Tämän vuoksi tutkittiin ja kehitettiin suuremmalla virralla lämpötilakestävää rakennetta. Se toimii varmasti parhaiten myös pienemmän virran aiheuttamalla pienemmällä lämpenemällä. Täten kehityskaari menee oikeaan suuntaan, toisin kuin jos ensiksi nimellisvirralla mitaten ja sitten kokoonpanon valmistuttua lähtisi suurentamaan rakenteiden ominaisuuksia haluttuun maksimivirtaan vaadittaviin arvoihin.

Mittaukset suoritettiin nimellisvirralla 0,9 A, alumiinisylinterisydämellä sekä pihvitahnaa led-chipin, sydämen ja valaisimen rungon välissä käyttäen, koska se on havaittu tässä vaiheessa parhaaksi.

Virran rajoittaminen toteutettiin työntilaajan toimittamalla säädettävällä 1,2 A virtalähteellä. Laitteessa oli virran säätömahdollisuus. Sääto maksimivirrasta 0.9 A arvoon toteutettiin vastuksen avulla tehdyllä säätöpiirillä. Virtaa seurattiin virtamittarin avulla.

Mittauksen suoritus oli sama kuin muillakin kerroilla samoilla mittauspisteillä, mutta nyt virtaa pienennettiin maksimivirrasta nimellisvirtaan, ja samalla saatiin jäähtymiskäyräkuva siihen, kun alettiin ajaa nimellisvirtaa ledille. Käyrät seurasivat hyvin toisiaan, niin lämpenemissä kuin jäähtymisissäkin. (katso kuva 13)



Kuva 13. Nimellisvirtamittaus.

Ledimoduulia lähinnä oleva lämpötila nousi 53 °C ja vakiintui siihen, alumiinisydämen keskellä 49 °C, ja sydämen alareunassa 43 °C. Valaisimen rungon ulkopinta lämpeni 40-41 °C, mittauspisteestä riippuen. Tulosta voidaan pitää mainiona.

6 VEDONPOISTAJA JA LIITÄNTÄLAITE

6.1 Vedonpoistaja, toteutus

Valaisinkokoonpanoon tarvittiin vedonpoistaja virran syöttöjohdolle. Virtalähde sijaitsee valaisintolpan alapäässä ja sieltä muuntajalta tulee johtovalaisintolpan päähän syöttöjohto lamppuun. Johdon pituus asettuu noin 3-4 m välille.

Jotta kaapelin painosta ei kohdistu led-valaisimen johtimiin vetoa, valaisimen puoleisessa päässä täytyy olla vedonpoistaja, joka on valaisimessa kiinni. Tila kyseiselle komponentille on valaisinrungon alapäässä niin, että valaisimen asennus pylväaseen onnistuu. L-rautaan toteutettua vedonpoistaja liitántäräma pakettia tarvitaan, että valaisin on asennettavissa ja vaihdettavissa tarvittaessa helposti ilman virtalähteen irrotusta tai koko tolpan johdon vaihtamista. L-raudasta suojamaadoitetaan myös valaisin.

Vedonpoistaja päätettiin toteuttaa mahdollisimman yksinkertaisesti, ja helposti asennettavaksi. Kiinnitys sille oli mahdollista valaisimen runkoon, runkoa muuttamatta, käyttämällä sen kiinnityksenä led-sydämen kiinnitysruuveja, jotka tulevat alapuolelta valaisimen rungon sisällä olevasta sillasta läpi, kiinnittäen led-sydämen paikalleen.

Vedonpoistajan runko toteutettiin 1 mm pellistä, joka taitettiin L-kirjaimen malliseksi. Kiinnitys yläpäästä toteutettiin 6 mm pulteilla, joilla led-sydän on sillassa kiinni. Pultit tulevat L-raudan läpi, ja pulttien reiät on avattu uriiksi, jolloin vedonpoistajan irrottamiseksi tai asentamiseksi pultteja ei tarvitse irrottaa kokonaan, vaan löysääminen riittää, että kappale voidaan pyöryttää paikoilleensa. (katso kuva 14)

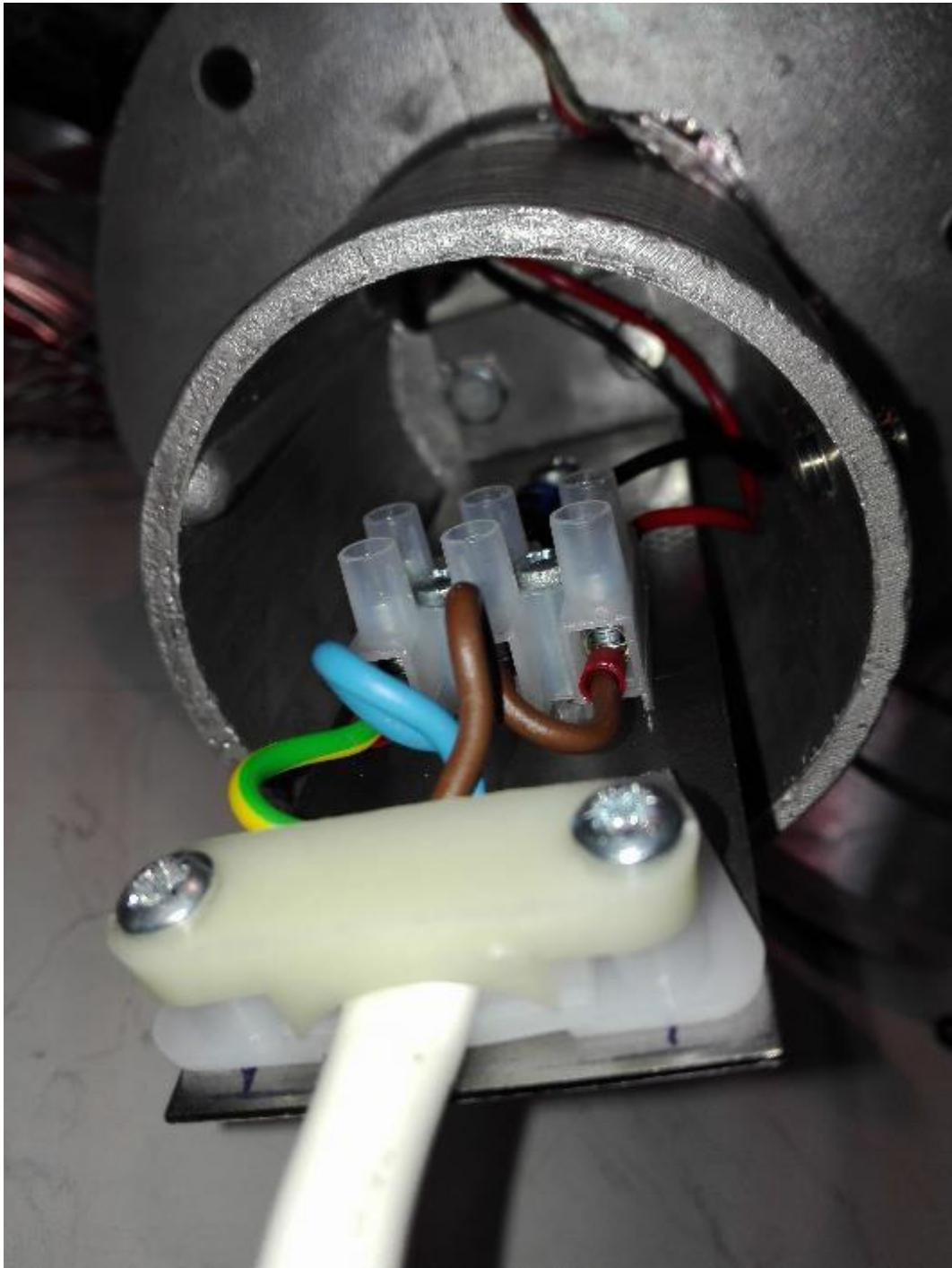
6.2 Liitinrima

Liitintä toteutettiin sijoittamalla L-rautaan vedonpoistajan yläpuolelle liitinrima, johon vedonpoistajaan kiinnittyvän syöttökaapelin johtimet liitetään. Siitä ylöspäin led-moduulille lähtee virransyöttö muovipäällysteisillä johtimilla.

Liitinrimana käytettiin normaalia sähköliikkeessä myytävää 3-osaista liitinrimaa, joka kiinnitetään kahdella kolmen millimetrin ruuvilla L-rautaan, johon on porattu sitä varten kiinnitysreiät. (katso kuva 14)

Liitinrimalta, sen yläpuolelta lähtee myös suojamaadoitusjohto, joka kytketään liitinrimalta L-kappaleen runkoon, josta se suojamaadoittaa koko valaisimen, koska L-kappale kiinnittyy pulteilla valaisinrungon keskisiltaan, ja sen läpi led-sydämen alumiiniin.

Pienoisjännitestandardi ei edellytä pienoisjännitevalaisimeen suojamaadoitusta erikseen, koska pienoisjännitemuuntaja hoitaa kosketussuojauksen alentamalla jännitteen vaarattomalle tasolle. Maadoitus päätettiin kuitenkin tehdä koska sille saat-
taa tulevaisuudessa olla tarvetta.



Kuva 14. Vedonpoistajaliitännälaite paikoillaan valaisimessa.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Tutkimuksien ja selvitysten aikana saatiin selville, että valaisin on standardin mukaisesti koteloitu, joten koteloinnille ei tarvinnut tehdä tässä työssä mitään, koska ulkovalaisimelle IP44-luokitus on aivan riittävä. Pienoisjännitestandardin mukainen suojajännitemuuntaja pitää jännitteen aina riittävän alhaisena, ja riittää suojaamaan valaisimen käyttäjää. Valaisimen sisäjohtotuksen vedonpoistoon liittyi vedonpoistajastandardi, jonka täyttäväksi vedonpoisto saatiin. Kytkentärimaan yhdistettynä se oli myös kompakti asentaa ja sopi tilaansa hyvin.

Valaisimen lämpeneminen oli alkuperäisellä kokoonpanolla ja halutulla virralla liian suurta. Rakennetta muuntamalla ja yksinkertaistamalla sen lämpeneminen saatiin sallitulle tasolle, sekä muutamilla tehosteilla laskettua niin hyväksi, että suuremmalla teholla jäähtytys on riittävä ja nimellisteholla erittäin hyvä. Näin samaa rakennetta voidaan käyttää todennäköisesti eritehoisilla chipeillä.

Lämpö poistuu valaisimen sisäosista jäähdyttävään ulkopintaan vain johtumalla. Valaisimen testaus ilman suojalinssiä ei laskenut mainittavasti lämpötilaa, koska valaisimen sisälle ei muodostu kiertävää ilmapirtta. Johtumisen lisäksi lämpöä ei poistu säteilemällä valon mukana, kuten referenssimittauksissa käytetyllä monimetallilampulla

Sisärakenne led-sydämellä ei voi oikein olla enää yksinkertaisempi kuin mikä siitä saatiin, lisäksi se on erittäin edullinen, ja yksinkertainen valmistaa. Jos valaisinmoduulin päällä olevaa heijastinta haluaa pidentää, eli saada heijastuskulmaa erilaiseksi jyrkentämällä ja pidentämällä heijastinmallilla, onnistuu se vain sydäntä eli alumiinitankoa lyhentämällä. Näin valaisimeen mahtuu pitempi heijastin sisälle. Silloin kuumapiste siirtyy alaspäin, lämmön johtumamatka ulkokuoreen lyhenee ja todennäköisesti lämpötila laskee.

Lämmönsiirron tehostemateriaalista piitahna on edullisinta ja helpointa käyttää. Muilla tehosteaineilla ei saatu piitahnaa parempaa lämmönjohtuvuutta aikaan, mutta ei merkittäviä heikennyksiäkään lämmönsiirtoon.

Valaisin kasataan, kun suunnitellun osakokoonpanon viimeiset tarvikkeet saapuvat Suomeen. Näitä ovat uusi heijastin ja LED-chip, joka on testatun chipin uudempi versio, johon valmistajan sivuilla kehoitettiin siirtymään valaisinsuunnittelussa. Tämän jälkeen varmistetaan loppumittauksilla, että uusi kokoonpano toimii ja lämpenemät ovat samankaltaiset kuin testikokoonpanossamme. Loppukokoonpanolämpenemä mitataan nimellisvirralla ja maksimivirralla aiempien kokoonpanojen tapaan. Tulevaisuudessa valaisinta voidaan kehittää vielä esimerkiksi valaistusominaisuuksia optimoimalla, tutkimalla eri heijastinten vaikutuksia valokuvioon ja sen käytännön vaikutuksia epäsuoraan valaistukseen.

LÄHDELUETTELO.

/1/ Ketonen oy:n esittely. Viitattu 4.5.2017

www.ketonen.com/yritys/

/2/ Ketonen oy kotisivujen valaisin esittely Albatrossi. Viitattu 4.5.2017

<http://www.ketonen.com/tuotteet/taajamavalaisimet/albatrossi/mallit>

/3/ SFS 6000-7-714 Suomen standardisoimisliitto sivu 3. neljäs painos.

/4/ SFS 6000-7-715. Suomen standardisoimisliitto. toinen painos.

/6/ Tietoa led chipistä. Lumileds oy internet-sivut. Viitattu 4.5.2017

www.lumileds.com

/7/ Tietoa piitahnan käytöstä ja koostumuksesta. Viitattu 4.5.2017

wikipedia, piitahna <https://fi.wikipedia.org/wiki/Piitahna>

/8/Tietoa Grafiitin koostumuksesta käytöstä ja ominaisuuksista. Viitattu 4.5.2017

wikipedia, grafiitti <https://fi.wikipedia.org/wiki/Grafiitti>

/9/ Tietoa Silicon lämmönsiirtolevystä. Farmel oy:n esite Viitattu 4.5.2017

<http://fi.farnell.com/laird-technologies/a15959-20/thermal-gap-filler-229-x-229mm/dp/2484742>

/10/ SFS EN 60598-1 Suomen standardisoimisliitto Vedonpoistaja standardi sivuilla 72-73 SFS -verkkopalvelusta.

LIITTEET

Liite 1. Albatrossi-valaisimen teknisiä tietoja.



Ketonen
LUO VALON

Albatrossi

Taajamavalaisin | IP44 | SL1 | -O- 5 x 2,55 | G12





Albatrossi on epäsuoraa valoa antava taajamavalaisin. Se on tyylikäs ratkaisu kun tarvitaan laadukasta häikäisemätöntä valoa. Tehokas ja häikäisemätön valo heijastetaan tasaisesti katoksen kautta oikeassa kulmassa valaisimen ympärille. Valaisimen katos on iskunkestävää ABS-muovia ja runko alumiinivalua. Väriltään alumiininen runko sopii hyvin maalaimattomaan sinkittyyn pylvääseen.







Albatrossi asennetaan halkaisijaltaan 60mm pylvääseen. Suositeltava asennuskorkeus on 3-4 m. Kartiopylväs sopii erityisen hyvin Albatrossin tyyliin. Pylväs ei sisälly toimitukseen. Projektikohtaiset toiveet huomioidaan mm. rungon sekä katoksen värityksessä (RAL-värit).

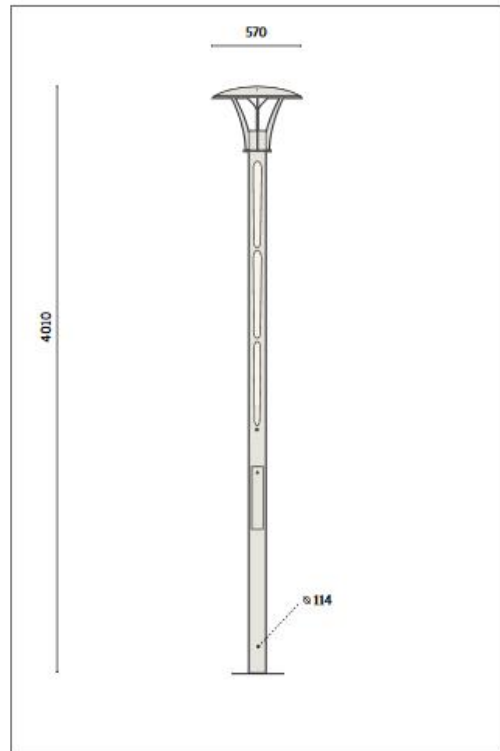
■ Väri: alumiinivalu, katos hopeanharmaa RAL 9006, muut RAL-värit tilauksesta

☞☞ Toimitusaika 3 viikkoa

ⓘ Valonlähde monimetalli HIT-CRI 70W, kanta G12

Liite 2. 1 Albatrossi -valaisimen teknisiä tietoja.

Albatrossi

**A70MT** Ø 5x2,55 IP44 / SL 1

Malli	SSTL	Teho	Väri (katos)
A70MT	4514070	70W	RAL 9006

- A70MT monimetalli HIT-CRI 70W, kanta G12
- runko alumiinivalua
- katos iskunkestävää ABS-muovia
- suojausluokka I
- katos hopeanharmaa RAL 9006, alapuoli valkoinen
- muut RAL-värit tilauksesta
- kiinnitys valaisinpylvääseen, yläosa 60mm
- asennuskorkeus 3-4m
- pylväs ei sisälly toimitukseen
- kork: 515 / lev: 570 / syv: 515

**A70MT+35** Ø 5x2,55 IP44 / SL 1

Malli	SSTL	Teho	Väri
A70MT+35	4514073	70W	RAL 9006

- valoputkivalaisin
- 70W MT monimetalli, kanta G12, pylvään yläosassa
- 35W HR halog. 12V, kanta GU5.3 valoputken alaosassa
- valoputki sisäpuolelta hiekkapuhalletua akryyli- tai polykarbonaattiputkea
- runko alumiinivalua
- katos iskunkestävää ABS-muovia
- katos hopeanharmaa RAL 9006, alapuoli valkoinen
- suojausluokka I
- pylväs kuumasinkitty teräs, hopeanharmaa RAL 9006
- kork: 4010 / lev: 570 / syv: 570

Alenema β1,00 • valovirta Ø 6,6 klm • korkeus 4m

